

ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА
на диссертационную работу Волковой Юлии Владимировны
«Разработка адаптированной к инженерной практике методики расчета
энергетических характеристик установок с твердооксидными
топливными элементами»,

представленную на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности 05.14.04 «Промышленная теплоэнергетика»

Диссертационная работа посвящена *актуальной* проблеме, связанной с производством электроэнергии с помощью топливных элементов. Реалии сегодняшнего дня настоятельно требуют повышения КПД генерирующих устройств. Кроме того, в течение последнего десятилетия в структуре энергетического баланса многих стран началось смещение в сторону малой распределенной энергетики. Именно топливные элементы в значительной мере отвечают вызовам нового времени. В связи с возрастающей потребностью активизировались разработка и изготовление устройств самой разнообразной конструкции. Однако для эксплуатации топливных элементов в условиях базовой и переменной нагрузки необходимо точное управление качеством используемого топлива и режимами конверсии природного газа (в том случае, когда используется именно этот вид топлива). Итоговым результатом работы как раз и является методика расчета энергетических характеристик установок с твердооксидными топливными элементами. Она обеспечивает получение необходимых сведений о химическом составе газовой смеси на всех этапах ее превращения, а также параметров тепловых процессов в пределах энергетической установки.

В первой главе представлен обзор состояния проблемы. Рассмотрены энергоустановки на топливных элементах разной конструкции с разными технологическими схемами. Значительное внимание уделено критическому анализу существующих методов расчета химического состава газовых смесей, в том числе с учетом процесса сажеобразования. Сформулированы требования к методике, адаптированной к современной инженерной практике.

Вторая глава посвящена собственно разработке методике расчета равновесного состава газовых смесей, которые образуются при воздушном и паровом риформинге природного газа, в том числе с учетом рециркуляции анодных газов. За основу приняты наиболее перспективные энергоустановки на базе твердоокисных топливных элементов. К важным результатам данного раздела следует отнести расчет границ сажеобразования при конверсии смесей различного состава. Как следствие, автором определены оптимальные коэффициенты рециркуляции анодных газов, предотвращающие образование сажи в риформере. Кроме того, установлена количественная взаимосвязь между степенью рециркуляции газов и ЭДС топливных элементов. Рассчитана зависимость теплоты реакции воздушного и парового риформинга от коэффициента подачи окислителя.

В третьей главе представлены результаты экспериментальных исследований на воздушном риформере. Прежде всего, они подтвердили корректность расчета равновесного состава газа по авторской методике.

В этом же разделе разработана и верифицирована математическая модель теплотехнического модуля энергоустановки, обеспечивающая необходимый для инженерной практики уровень точности проектно-конструкторских расчетов. Установлены количественные зависимости ключевых температурных параметров от коэффициента подачи воздуха в риформер.

Четвертая глава посвящена экспериментальному исследованию режимов работы модельной энергетической установки на базе твердоокисных топливных элементов мощностью 5 кВт. Для детального анализа поведения интегрированной системы было выбрано 4 режима с коэффициентом использования мощности от 40 % до 110 %. При этом определялась степень использования топлива в энергоустановке. По-видимому, одним из главных результатов этого раздела является успешная верификация математической модели для расчета основных параметров

энергоустановки, касающихся температур и состава газовой смеси на разных этапах ее превращения.

В целом, работа производит весьма хорошее впечатление, хотя можно было бы больше внимания уделить структуре построения диссертации. Автором проведено серьезное исследование проблемы точного расчета состава и температур газовых смесей в процессе их превращения в энергоустановке. Следует отметить практическую направленность работы, нацеленную на продвижение сравнительно нового способа производства электроэнергии, адекватного новым реалиям нашего времени.

Корректность практически всех результатов, полученных по авторской методике расчетов, подтверждена экспериментами. Представляется, что было бы полезным на основе данной методики разработать программное средство с упрощенным интерфейсом, доступным для специалистов проектных институтов.

В качестве замечаний можно отметить следующее.

1. В отношении продуктов сгорания топлива (углекислый газ и водяной пар) не совсем корректно употреблять термин «экологически чистые продукты», имея в виду их прямое влияние на парниковый эффект.
2. В разных разделах диссертации встречаются неточности в употреблении терминов. Так, например, в постановке задач исследований (стр.7, п.3) ошибочно использован термин «механизмы устойчивой работы». Более уместным кажется термин «режимы устойчивой работы». В положениях, выносимых на защиту (с. 10, п.1), а также в выводах по гл. 2 (с. 71, п. 5) используется словосочетание «теплота сгорания реакции ... реформинга». По-видимому, подразумевалась «теплота реакции реформинга».
3. В диссертации слабо отражены экономические аспекты использования топливных элементов. Все результаты работы ориентированы только на использование природного газа, хотя очевидно, что при существующем различии в ценах на натуральные топлива синтез-газ из угля

значительно дешевле продукта риформинга природного газа. И этот фактор оказывает безусловное влияние на себестоимость электроэнергии. Для демонстрации общности разработанной методики расчета целесообразно было бы выполнить серию расчетов по использованию в топливных элементах газовых смесей иного происхождения, чем природный газ.

Безусловно, приведенные замечания не снижают ценности диссертационной работы и полученных автором результатов.

Заключение

Диссертационная работа Ю. В. Волковой выполнена на высоком научном уровне. Ее результатом является решение важной задачи *актуального* направления в современной энергетике – производство электроэнергии на базе твердоокисных топливных элементов. Полученные результаты обладают *научной новизной* и имеют большое *практическое значение* для активно развивающейся распределенной малой энергетики. Объективной оценкой технической новизны является получение патентов на полезные модели. Практическая применимость результатов работы подтверждена актами внедрения.

Материалы диссертационной работы имеют необходимый уровень апробации на конференциях различного уровня и в открытой печати, в том числе в изданиях, рекомендованных ВАК.

Диссертация написана доходчиво, грамотно и аккуратно оформлена. Автореферат в полной мере отражает основное содержание диссертации.

Замечания не снижают научной и практической значимости диссертационной работы. Считаю, что диссертационная работа Ю.В. Волковой соответствует требованиям п. 9 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства РФ от 24 сентября 2013 года №842, предъявляемым к кандидатским диссертациям,

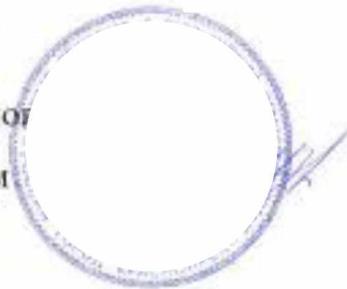
а ее автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.14.04 – «Промышленная теплоэнергетика».

Управляющий Красноярским филиалом
СибНИИУглеобогащение (АО «СУЭК»),
доктор технических наук

Исламов Сергей Романович

660060, Красноярск, ул. Лебедевой, 64 А, 3-ий этаж.
тел. +7 (391) 211- 60-30, моб. +7-
IslamovSR@suek.ru

Подпись С. Р. Исламов
Инспектор по кадрам



Е. Кривова

01 декабря 2016 г.